

RI 計器による土の密度試験方法

Test method for soil density using nuclear gauge

1 適用範囲

この基準は、原位置の土の密度及び含水比を、RI 計器で求める試験方法について規定する。なお、この基準は、すべての土を対象とする。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は、この基準に引用されることによって、その一部又は全部がこの基準の規定の要求事項を構成している。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS A 0207 地盤工学用語

JIS A 1203 土の含水比試験方法

JIS Z 8401 数値の丸め方

3 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JIS A 0207 による。

3.1

RI

ラジオアイソトープ（radioisotope：放射性同位元素）の略称で、放射線を放出する能力を持つ元素

3.2

RI 計器

RI が放出する放射線を利用して土の密度及び含水比を測定することができる計器

3.3

線源

RI を用いた放射線発生源

3.4

標準体

物理的・化学的に安定し、経時変化しないアクリル、鉛などの物質

3.5

標準体計数台

標準体を内蔵した RI 計器の標準体計数率及び標準体 BG 計数率を測定するための台

3.6

BG

バックグラウンド（background）の略称で、宇宙線及び地中から放出される自然放射線

X XXXX : 0000

3.7

計数率

ガンマ線又は熱中性子の1分当たりの計数値

注釈 1 計数率の単位は、cpm (count per minute) とする。

3.8

標準体計数率

線源を装着した RI 計器を標準体計数台に設置して測定した計数率

3.9

標準体 BG 計数率

線源を RI 計器から取り外して 20 m 以上遠ざけた状態で、RI 計器を標準体計数台に設置して測定した BG の計数率

3.10

有効標準体計数率

標準体計数率から標準体 BG 計数率を差し引いた計数率

3.11

現場計数率

線源を装着した RI 計器を土の上に設置して測定した計数率

3.12

現場 BG 計数率

線源を RI 計器から取り外して 20 m 以上遠ざけた状態で、RI 計器を土の上に設置して測定した BG の計数率

3.13

計数率比

現場計数率から現場 BG 計数率を差し引いた計数率を、有効標準体計数率で除した値

3.14

含水量

土の単位体積当たりの液相の質量

4 試験器具

4.1 RI 計器

RI 計器は、**図 1** に示すように、原位置で所定の深さに設置した線源から土中に放出される放射線のうち、土中を透過又は散乱して RI 計器の放射線検出器に入射した放射線の計数率から密度及び含水比を算出することができるもの。なお、測定した計数率から得られる物性値は湿潤密度及び含水量であるため、乾燥密度及び含水比などを求めるには別途計算しなければならない。また、測定深さは線源の設置深さに依存する。RI 計器は、次による。

- a) **線源** 線源は、土の密度及び含水比を有効に測定できる強さの RI をステンレスカプセルに密封したものの。放射線には、密度測定用としてガンマ線が使用され、含水量測定用として中性子が使用される。線源の取扱いに当たっては“放射性同位元素等の規制に関する法律 (RI 規制法)”及び関連諸法令に従わなければならない。なお、この法令に適合した RI 計器を表示付認証機器と呼ぶ。

- b) **線源棒** 線源棒は、先端部に線源を装備した製造時の直径が (16.0 ± 0.1) mm の金属製の棒。あらかじめ形成された線源棒挿入孔へ挿入できる構造のもので、線源を所定の深さに確実に設置、保持できる堅固なもの。
- c) **熱中性子吸収材** 熱中性子吸収材は、地中で生成され RI 計器に到達した熱中性子を吸収するためのカドミウム製の板。減速材の周囲に配置されている。
- d) **減速材** 減速材は、RI 計器に到達した速中性子を強制的に熱中性子に変化させるアクリル、ポリエチレンなどの水素原子を多く含む物質。熱中性子検出器の周囲に配置されている。
- e) **検出器** 検出器は、ガンマ線又は熱中性子を安定的に検出できるもの。
- f) **増幅器** 増幅器は、検出器がガンマ線又は熱中性子を検出したときに生じるパルス信号を計数器で計数できる強さに増幅する電子回路。
- g) **計数器** 計数器は、増幅器により増幅した検出器からのパルス信号を数える装置であって、計数回路、タイマー回路などからなるもの。
- h) **マイクロコンピュータ** マイクロコンピュータは、測定した計数率から密度及び含水比などを自動的に算出し、その結果を表示器に出力する機能を有するもの。
- i) **表示器** 表示器は、計数率、密度、含水比などの測定結果を表示できるもの。
- j) **操作パネル** 操作パネルは、RI 計器の操作及び設定を行うキー、タッチパネルなどの入力装置。
- k) **電源** 電源は、RI 計器を連続 10 時間以上使用できる容量をもつ充電式のバッテリー、又は容易に交換可能なバッテリーであることが望ましい。

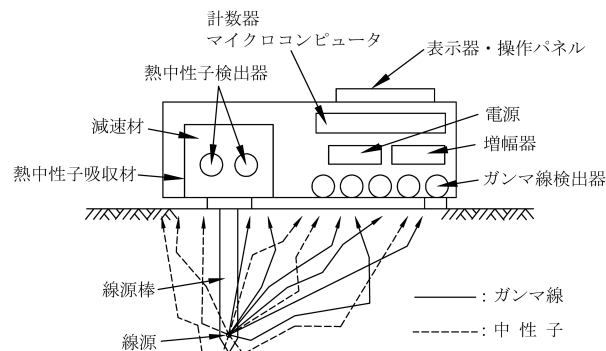


図 1-RI 計器の概略構成の例

4.2 標準体計数台

標準体計数台は、RI 計器の線源の放射能が時間の経過に伴って減衰することによる測定値への影響を補正すること及び、RI 計器が正常に作動しているか確認するために使用する台。上面の定位置に RI 計器を設置することで、線源を装着しているときは標準体計数台に内蔵されている標準体の計数率、線源を装着していないときは BG の計数率を測定できる構造となっている。

4.3 地表面整形器具

地表面整形器具は、試験箇所地の表面を平滑に仕上げるために使用する鉄板、直ナイフなどの器具。

4.4 線源棒挿入孔形成器具

線源棒挿入孔形成器具は、試験箇所地の表面に対して垂直な線源棒挿入孔を形成するために使用する器具。線源棒挿入孔形成器具は、次による。

- a) **打込み棒又はドリル** 打込み棒又はドリルは、有効径が 17 mm～19 mm のもの。ただし、RI 計器の校

正及び現場測定で使用する打ち込み棒又はドリルの有効径は、同じでなければならない。

- b) **ガイド板** ガイド板は、試験箇所の地表面に対して垂直な線源棒挿入孔を、打ち込み棒で打撃貫入するためのガイドが付いた鉄板。
- c) **ハンマー** ハンマーは、試験箇所の地表面に、打ち込み棒を打撃貫入させることができる適度な重さ及び大きさを有するもの。
- d) **ドリルガイド** ドリルガイドは、試験箇所の地表面に対して、垂直な線源棒挿入孔をドリルで削孔するために使用するガイド。

4.5 校正用容器

校正用容器は、RI 計器の測定影響領域を十分に包含する大きさで、締固め時に変形しない構造のもの。また、容器内の土を均質に締め固めることが可能な形状でなければならない。

4.6 その他の器具

その他の器具は、次による。

- a) **含水比測定器具** 含水比測定器具は、JIS A 1203 に規定するもの。
- b) **締固め装置** 締固め装置は、校正容器に投入した土を静的に締め固めることが可能な装置でなければならない。

5 試験方法

5.1 基準日及び基準計数率

新規に製造又は線源を交換した RI 計器にて、最初に標準体計数率及び標準体 BG 計数率を測定した日を基準日とする。そのときの有効標準体計数率をその RI 計器の基準計数率 S_1 とする。基準計数率 S_1 の設定は、次による。なお、基準計数率 S_1 は半減期経過時の測定でも土の密度及び含水比を所定の測定時間で有効に測定できる値でなければならない。

- a) 全ての線源を RI 計器から 20 m 以上遠ざける。
- b) RI 計器の電源スイッチを入れ、RI 計器の状態を安定化させるためのウォーミングアップを行う。
- c) 標準体計数率が壁及び器物の影響を受けないように、壁及び器物から 1.5 m 以上離れた平坦なコンクリート、アスファルト又は土の上に標準体計数台を置く。
- d) RI 計器を標準体計数台に設置し、基準日の標準体 BG 計数率を測定する。
- e) 線源を RI 計器に装着して標準体計数率を測定する。
- f) 基準日の標準体計数率から基準日の標準体 BG 計数率を差し引いた値（有効標準体計数率）を基準計数率 S_1 とする。

基準計数率 S_1 の測定は、次の式(1)の条件を満たすまで行い、基準計数率 S_1 (cpm) とその測定時間 t_1 (min) を記録する。

$$S_1 \cdot t_1 \geq 154\,000 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 S_1 : 基準計数率 (cpm)

t_1 : $S_1 \cdot t_1 \geq 154\,000$ を得るために要した測定時間 (min)

5.2 検査日の有効標準体計数率

次に示す検査日（基準日以降で RI 計器を使用する日）の有効標準体計数率 S_2 は、次による。

- a) 5.1a)～c)の作業を行う。
- b) RI 計器を標準体計数台に設置し、検査日の標準体 BG 計数率を測定する。

- c) 線源を RI 計器に装着し、検査日の標準体計数率を測定する。
- d) 検査日の標準体計数率から検査日の標準体 BG 計数率を差し引いた値を検査日の有効標準体計数率 S_2 とする。

有効標準体計数率 S_2 の測定は、次の式(2)の条件を満たすまで行い、検査日の有効標準体計数率 S_2 とその測定時間 t_2 を記録する。

$$S_2 \cdot t_2 \geq 154\,000 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 S_2 : 検査日の有効標準体計数率 (cpm)

t_2 : 検査日の $S_2 \cdot t_2 \geq 154\,000$ を得るために要した測定時間 (min)

6.1 に示す式(3)及び 6.2 に示す式(4), (5)にて検査日の最大, 最小有効標準体計数率 $S_{2\max}$, $S_{2\min}$, 並びに検査日の推定有効標準体計数率 S_3 , 検査日の最大, 最小推定有効標準体計数率 $S_{3\max}$, $S_{3\min}$ を算出する。

なお, 検査日の推定有効標準体計数率 S_3 は, 基準計数率 S_1 が基準日から検査日までの経過日数により減衰したあとの線源の放射線強さである。線源の放射線強さの減衰の程度は, 線源に用いる RI の種類により異なる。

5.3 RI 計器の作動状態の確認

5.2 にて算出した $S_{2\max}$, $S_{2\min}$ と $S_{3\max}$, $S_{3\min}$ との関係が以下に示す関係を満足していれば, RI 計器は正常に作動している。

$$S_{2\max} > S_{3\min}$$

$$S_{2\min} < S_{3\max}$$

5.4 RI 計器の校正

RI 計器は, 現場で使用する前に土の湿潤密度及び含水量と計数率比との関係を校正する。RI 計器の校正は, 次による。

- a) RI 計器を用いて密度及び含水比を測定する現場の土を用意する。
- b) 校正に用いる供試体の湿潤密度及び含水比の条件を設定する。なお, 供試体の湿潤密度及び含水比は, 現場で出現しうる範囲を十分に包含するとともに, それぞれの最大値及び最小値を含め 6 水準以上設定する。
- c) 供試体の現場計数率に影響を及ぼさないように, 壁及び器物から 1.5 m 以上離れた平坦なコンクリート, アスファルト又は地面の上に校正容器を置く。
- d) 校正用容器内に b) で設定した含水比に調整した土を投入し, b) で設定した湿潤密度になるように締め固め装置で供試体を均質に締め固める。
- e) 作製した供試体の湿潤密度 ρ_t (Mg/m^3) を 6.3 に示す式(6)にて求める。
- f) 5.2 に示す測定及び計算, 並びに 5.3 に示す確認を行う。
- g) RI 計器底面と供試体表面とが密着するように, 供試体の表面を地表面整形器具で平滑に成形する。
- h) 線源棒挿入孔形成器具を用いて, 供試体表面に対して垂直な線源棒挿入孔を形成する。
- i) 使用する RI 計器の線源及びそれ以外に線源がある場合は, それらの線源を供試体から 20 m 以上遠ざける。
- j) 供試体の表面に RI 計器を設置し, 供試体の現場 BG 計数率を測定する。
- k) 線源を RI 計器に装着し, 供試体の現場計数率を測定する。
- l) 供試体の現場計数率から現場 BG 計数率を差し引いた値と有効標準体計数率との比を供試体の計数率比とする。

- m) 供試体の含水比 w (%) を測定し、含水量 ρ_m (Mg/m^3) を 6.3 に示す式(7)にて求める。供試体の含水比は、供試体の現場計数率を測定後、供試体を解体するときに試料を数箇所から採取し、JIS A 1203 に規定する方法によって測定する。
- n) b) で設定した条件で c)~m) の作業を行う。
- o) l) で求めた供試体の計数率比と e) 及び m) で求めた供試体の湿潤密度又は含水量との関係式を最小二乗法で求める。これらの関係式を校正式と呼ぶ。

5.5 現場測定

現場での土の密度及び含水比の測定は、次による。

- a) 5.2 に示す測定及び計算、並びに 5.3 に示す確認を行う。
- b) 全ての線源を RI 計器から 20 m 以上遠ざける。
- c) 任意の試験箇所に RI 計器を設置し、現場 BG 計数率を測定する。現場 BG 計数率は、土若しくは測定日（検査日）が変わるごとに測定する。
- d) RI 計器底面と試験箇所の表面が密着するように、地表面整形器具で測定に必要な広さを平滑に成形する。
- e) 線源棒挿入孔形成器具を用いて、試験箇所の地表面に対して垂直な線源棒挿入孔を形成する。
- f) 試験箇所に RI 計器を設置して、現場計数率を測定し、5.4 で求めた校正式を用いて湿潤密度及び含水量を求める。また、6.4 の式(8), (9)にて乾燥密度及び含水比を求める。
- g) 以後、同一エリア内での測定は、次の試験箇所に移動し、d)~f)を必要回数繰り返し測定する。

6 計算

6.1 検査日の最大・最小有効標準体計数率

検査日の有効標準体計数率 S_2 から、検査日の最大有効標準体計数率 $S_{2\max}$ 及び最小有効標準体計数率 $S_{2\min}$ を次の式(3)で算出する。

$$\left. \begin{array}{l} S_{2\max} \\ S_{2\min} \end{array} \right\} = S_2 \pm 1.96 \sqrt{\frac{S_2}{t_2}} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、
 S_2 : 検査日の有効標準体計数率 (cpm)
 $S_{2\max}$: 検査日の最大有効標準体計数率 (cpm)
 $S_{2\min}$: 検査日の最小有効標準体計数率 (cpm)

6.2 検査日の最大・最小推定有効標準体計数率

基準計数率 S_1 から、検査日の最大推定有効標準体計数率 $S_{3\max}$ 及び最小推定有効標準体計数率 $S_{3\min}$ を式(4)及び式(5)を用いて算出する。

$$\left. \begin{array}{l} S_{3\max} \\ S_{3\min} \end{array} \right\} = S_3 \pm 1.96 \sqrt{\frac{S_3}{t_1}} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_3 = S_1 \left(\frac{1}{2}\right)^{D/T} \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 S_3 : 検査日の推定有効標準体計数率 (cpm)
 $S_{3\max}$: 検査日の最大推定有効標準体計数率 (cpm)
 $S_{3\min}$: 検査日の最小推定有効標準体計数率 (cpm)
 T : 装備している RI の半減期 (日)
 D : 基準日から検査日までの経過日数 (日)

なお、

RI 計

器でよく使用される RI の半減期は、次のとおりである。

ガンマ線 : コバルト 60 (^{60}Co) : 1 924 (日)

中性子 : カリホルニウム 252 (^{252}Cf) : 964 (日)

6.3 校正時の供試体の湿潤密度及び含水量

校正時の供試体の湿潤密度及び含水量は、次によって算出する。

- a) 供試体の湿潤密度は、次の式(6)によって算出し、**JIS Z 8401** の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。

$$\rho_t = \frac{m}{V} \times 10^3 \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 ρ_t : 湿潤密度 (Mg/m³)
 m : 供試体の質量 (g)
 V : 供試体の体積 (mm³)

- b) 供試体の含水量を次の式(7)によって算出し、**JIS Z 8401** の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。

$$\rho_m = \frac{w/100}{1+w/100} \times \rho_t \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 ρ_m : 含水量 (Mg/m³)
 w : 供試体の含水比 (%)

6.4 現場の土の密度及び含水比

現場の土の密度及び含水比は、次によって算出する。

- a) 現場測定によって得られた計数率比から湿潤密度及び含水量を 5.3 で得られた校正式を用いて算出し、**JIS Z 8401** の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。
b) 試験箇所の乾燥密度は、次の式(8)によって算出し、**JIS Z 8401** の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。

$$\rho_d = \rho_t - \rho_m \dots\dots\dots (8)$$

ここで、 ρ_d : 乾燥密度 (Mg/m³)

- c) 試験箇所の含水比は、次の式(9)によって算出し、**JIS Z 8401** の規則 B によって小数点以下 1 桁に丸める。

$$w = \frac{\rho_m}{\rho_t - \rho_m} \times 100 = \frac{\rho_m}{\rho_d} \times 100 \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 w : 含水比 (%)

X XXXX : 0000

7 報告事項

試験結果については、次の事項を報告する。

なお、*が付いているものについては、必須の記録事項である。その他のものについては、必要に応じて記録を行えばよい。

- a) *地点番号及び位置
- b) 原位置の締固め1層当たりの厚さ (mm)
- c) 試験日
- d) *試験者
- e) *含水比 (%)
- f) *湿潤密度 (Mg/m^3)
- g) *乾燥密度 (Mg/m^3)
- h) 使用した RI 計器の種類と計器番号
- i) その他特記すべき事項

現場試験関係地盤工学会基準 (JGS) の改正について

地盤工学会基準部

RI 計器による土の密度試験法(JGS 1614)

項目	改正案	現行基準	備考
1 適用範囲	この基準は、原位置の土の密度及び含水比を、RI 計器で求める試験方法について規定する。なお、この基準は、すべての土を対象とする。	この基準は、自然地盤及び造成地盤の土をラジオアイソトープ (radioisotope:放射性同位元素)を用いた RI 計器で、土の密度及び含水比を求める試験方法について規定する。なお、この基準は、すべての土質材料を対象とする。	・基準の内容を簡潔に規定。
2 引用規格	JISA 0207 地盤工学会用語 JISA 1203 土の含水比試験方法 JIS Z 8401 数値の丸め方	JISA 1203 土の含水比試験方法	・新規に制定された JIS A 0207 地盤工学会用語を新たに引用。 ・JIS Z 8401 改正による引用規格の追加。
3 用語及び定義	この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JISA 0207 による。	この基準で用いる主な用語及び定義は、次による。	・新規に制定された JIS A 0207 地盤工学会用語を新たに引用。
3.1 RI	ラジオアイソトープ (radioisotope:放射性同位元素)の略称で、放射線を放出する能力を持つ元素		・基準内で重要な用語となるため、新たに定義。
3.2 RI 計器	RI が放出する放射線を利用して土の密度及び含水比を測定することができる計器	RI とはラジオアイソトープの略称であり、RI 計器とは、ラジオアイソトープを用いたガンマ線密度計及び中性子水分計を備える湿潤密度測定及び含水量測定器。	・定義を簡潔に記述
3.3 線源	RI を用いた放射線発生源		・規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.4 標準体	物理的・化学的に安定し、経時変化しないアクリル、鉛などの物質	アクリルと鉛などで構成された、物理的・化学的に安定で経時変化のない均一な物質。	・定義を簡潔に記述
3.5 標準体計数台	標準体を内蔵した RI 計器の標準体計数率及び標準体 BG 計数率を測定するための台		・基準内で重要な用語となるため、新たに定義
3.6 BG	バックグラウンド (background) の略称で、宇宙線及び地中から放出される自然放射線	宇宙線や地中から放出される自然放射線	・定義を詳細に記述
3.8 標準体計数率	線源を装着した RI 計器を標準体計数台上に設置して測定した計数率	RI 計器を標準体上に設置して測定した計数率。	・定義を詳細に記述
3.9 標準体 BG 計数率	線源を RI 計器から取り外し 20 m 以上遠ざけた状態で、RI 計器を標準体計数台上に設置して測定した BG の計数率	RI 計器を標準体上に設置してバックグラウンドを測定した計数率。	・定義を詳細に記述
3.10 有効標準体計数率	標準体計数率から標準体 BG 計数率を差し引いた計数率		・規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.11 現場計数率	線源を装着した RI 計器を土の上に設置して測定した計数率		・規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.12 現場 BG 計数率	線源を RI 計器から取り外して 20 m 以上遠ざけた状態で、RI 計器を土の上に設置して測定した BG の計数率		・規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.13 計数率比	現場計数率から現場 BG 計数率を差し引いた計数率を、有効標準体計数率で除した値	測定した土の湿潤密度及び含水量の各々の計数率を標準体計数率で除した値。	・定義を詳細に記述

3.14 含水量	土の単位体積当たりの液相の質量		・規格内で重要な用語となるため、新たに定義
4.1 RI 計器	RI 計器は、図 1 に示すように、原位置で所定の深さに設置した線源から土中に放出される放射線のうち、土中を透過又は散乱して RI 計器の放射線検出器に入射した放射線の計数率から密度及び含水比を算出することができるもの。なお、測定した計数率から得られる物性値は湿潤密度及び含水量であるため、乾燥密度及び含水比などを求めるには別途計算しなければならない。また、測定深さは線源の設置深さに依存する。RI 計器は、次による。	RI 計器の種類には、測定方式の分類によって透過型と散乱型がある。計器の概略構成を図 1 及び図 2 に示す。RI 計器は、湿潤密度・含水量を同時測定できるもので、バックグラウンドを測定して湿潤密度及び含水量を補正することが可能であるものとする。RI 計器は、次の機器で構成される。	・我が国の実情を考慮し、国内での使用実績の少ない散乱型 RI に関する記述を削除（以降、散乱型に関する記述は、同様に削除） ・規定内容の明確化
	a) 線源 線源は、土の密度及び含水比を有効に測定できる強さの RI をステンレスカプセルに密封したもの。放射線には、密度測定用としてガンマ線が使用され、含水量測定用として中性子が使用される。線源の取扱いに当たっては「放射性同位元素等の規制に関する法律（RI 規制法）」及び関連諸法令に従わなければならない。なお、この法令に適合した RI 計器を表示付認証機器と呼ぶ。	a) 線源 線源は、密度及び水分が有効に測定できる強さのラジオアイソトープを密封したものとする。放射線には、密度測定用としてガンマ線が使用され、含水量測定用として中性子線が使用される。線源の取扱いに当たっては「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」（「放射線障害防止法」）及び関連諸法令に従わなければならない。なお、線源を装備した RI 計器は、放射線障害防止法の表示付認証機器とする。	・規定内容の明確化 ・法律名の変更（2017 年 4 月 14 日）に関する修正
	b) 線源棒 線源棒は、先端部に線源を装備した製造時の直径が(16.0±0.1) mm の金属製の棒。あらかじめ形成された線源棒挿入孔へ挿入できる構造のもので、線源を所定の深さに確実に設置、保持できる堅固なもの。	b) 線源棒 線源棒は、線源を装備した金属製の棒。あらかじめ掘削された孔へ挿入できる構造のもので、所定の深さが確実に保持できる堅固なものとする。なお、散乱型 RI 計器の線源棒は、計器に内蔵され着脱可能なものとする。	・規定内容の明確化 ・散乱型 RI に関する記述を削除
	c) 熱中性子吸収材 熱中性子吸収材は、地中で生成され RI 計器に到達した熱中性子を吸収するためのカドミウムの板。減速材の周囲に配置されている。 d) 減速材 減速材は、RI 計器に到達した速中性子を強制的に熱中性子に変化させるアクリル、ポリエチレンなどの水素原子を多く含む物質。熱中性子検出器の周囲に配置されている。 f) 増幅器 増幅器は、検出器がガンマ線又は熱中性子を検出したときに生じるパルス信号を計数器で計数できる強さに増幅する電子回路。 h) マイクロコンピュータ マイクロコンピュータは、測定した計数率から密度及び含水比などを自動的に算出し、その結果を表示器に出力する機能を有するもの。 j) 操作パネル 操作パネルは、RI 計器の操作及び設定を行うキー、タッチパネルなどの入力装置。		・規定内容の明確化のための追加
	k) 電源 電源は、RI 計器を連続 10 時間以上使用できる容量をもつ充電式のバッテリー、又は容易に交換可能なバッテ	f) 電源 電源は、計器を動作させるために必要なバッテリーを備え、充電可能なものとする。	・規定内容の明確化

	リーであることが望ましい。		
4.2 標準体計数台	標準体計数台は、RI 計器の線源の放射能が時間の経過に伴って減衰することによる測定値への影響を補正すること及び、RI 計器が正常に作動しているか確認するために使用する台。上面の定位置に RI 計器を設置することで、線源を装着しているときは標準体計数台に内蔵されている標準体の計数率、線源を装着していないときは BG の計数率を測定できる構造となっている。	標準体は、アクリルと鉛などの物理的・化学的に安定で経時変化のない物質とする。 注記 標準体の使用目的は、線源が放射線を出す強さが時間の経過によって生じる減衰を補正することにある。また、計器が正常に作動しているかどうかの確認のためにも使用する。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 要求事項のため、JIS Z 8301:2019 の規定に基づき、注記を本文へ移行
4.4 線源棒挿入孔形成器具	線源棒挿入孔形成器具は、試験箇所の地表面に対して垂直な線源棒挿入孔を形成するために使用する器具。線源棒挿入孔形成器具は、次による。 a) 打ち込み棒又はドリル 打ち込み棒又はドリルは、有効径が 17 mm～19 mm のもの。ただし、RI 計器の校正及び現場測定で使用する打ち込み棒又はドリルの有効径は、同じでなければならない。 b) ガイド板 ガイド板は、試験箇所の地表面に対して垂直な線源棒挿入孔を、打ち込み棒で打撃貫入するためのガイドが付いた鉄板。 c) ハンマー ハンマーは、試験箇所の地表に、打ち込み棒を打撃貫入させることができる適度な重さ及び大きさを有するもの。 d) ドリルガイド ドリルガイドは、試験箇所の地表面に対して、垂直な線源棒挿入孔をドリルで削孔するために使用するガイド。	測定孔削孔器具は、透過型 RI 計器を使用する場合に、測定する地表面に垂直な孔を掘削するために必要な器具。ガイド板、ハンマー及び打ち込み棒又はドリルとする。打ち込み棒又はドリルの径は、線源棒と同等であるものとする。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化
4.5 校正容器	校正用容器は、RI 計器の測定影響領域を十分に包含する大きさで、締め固め時に変形しない構造のもの。また、容器内の土を均質に締め固めることが可能な形状でなければならない。	校正用容器は、RI 計器の有感容積を十分に包含する大きさのもので、内部での均一な締め固めが可能な形状とする。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化
5.1 基準日及び基準計数率	新規に製造又は線源を交換した RI 計器にて、最初に標準体計数率及び標準体 BG 計数率を測定した日を基準日とする。そのときの有効標準体計数率をその RI 計器の基準計数率 S_1 とする。基準値計数率 S_1 の設定は、次による。なお、基準計数率 S_1 は半減期経過時の測定でも土の密度及び含水比を所定の測定時間で有効に測定できる値でなければならない。 a) 全ての線源を RI 計器から 20 m 以上遠ざける。 c) 標準体計数率が壁及び器物の影響を受けないように、壁及び器物から 1.5 m 以上離れた平坦なコンクリート、アスファルト又は土の上に標準体計数台を置く。 d) RI 計器を標準体計数台に設置し、基準	線源を RI 計器に組み込み、線源強さを測定した日（基準日）の標準体計数率 S_1 (cpm) を、その RI 計器の基準値とする。基準値の設定は、次のとおり行う。 a) 他に放射線源がある場合は、影響のないところまで十分に遠ざける。 c) RI 計器から線源棒を取り外し、20 m 以上遠ざけた状態で、標準体の上で標準体バックグラウンドを測定する。 d) 標準体をコンクリート、アスファルト又は土の上に置き、線源棒を取り付けた RI 計器を標準体上に設置して標準体計数率を測定する。標準体は、標準体計数率が壁や器物の影響を受けないように、壁などから 1.5 m 以上離れた場所に置く。 測定は、次の式(1)の条件を満たすまで行い、基準日の標準体計数率 S_1 (cpm) と測	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 JIS Z 8301:2019 の規定に基づき、注記を本文へ移行

	<p>日の標準体 BG 計数率を測定する。</p> <p>e) 線源を RI 計器に装着して標準体計数率を測定する。</p> <p>f) 基準日の標準体計数率から基準日の標準体 BG 計数率を差し引いた値 (有効標準体計数率) を基準計数率 S_1 とする。</p> <p>基準計数率 S_1 の測定は、次の式(1)の条件を満たすまで行い、基準計数率 S_1 (cpm) とその測定時間 t_1 (min) を記録する。</p> $S_1 \cdot t_1 \geq 154\,000 \quad (1)$ <p>ここで、 S_1 : 基準計数率 (cpm) t_1 : $S_1 \cdot t_1 \geq 154\,000$ を得るために要した測定時間 (min)</p>	<p>定時間 t_1 (min) を記録する。</p> $S_1 \cdot t_1 \geq 154\,000 \quad (1)$ <p>ここに、 S_1 : 基準日の標準体計数率をいい、測定した標準体計数率から標準体バックグラウンド計数率を引いた計数率 (cpm) t_1 : 基準日の $S_1 \cdot t_1 \geq 154\,000$ を得るために要した測定時間 (min) 注記 基準値を設定した日が、放射線の減衰量を求めるための基準日となる。</p>	
5.2 検査日の有効標準体計数率	<p>次に示す検査日 (基準日以降で RI 計器を使用する日) の有効標準体計数率 S_2 は、次による。</p> <p>a) 5.1a)~c)の作業を行う。</p> <p>b) RI 計器を標準体計数台上に設置し、検査日の標準体 BG 計数率を測定する。</p> <p>c) 線源を RI 計器に装着し、検査日の標準体計数率を測定する。</p> <p>d) 検査日の標準体計数率から検査日の標準体 BG 計数率を差し引いた値を検査日の有効標準体計数率 S_2 とする。</p> <p>有効標準体計数率 S_2 の測定は、次の式(2)の条件を満たすまで行い、検査日の有効標準体計数率 S_2 とその測定時間 t_2 を記録する。</p> $S_2 \cdot t_2 \geq 154\,000 \quad (2)$ <p>ここで、 S_2 : 検査日の有効標準体計数率 (cpm) t_2 : 検査日の $S_2 \cdot t_2 \geq 154\,000$ を得るために要した測定時間 (min)</p> <p>6.1 に示す式(3)及び 6.2 に示す式(4), (5)にて検査日の最大、最小有効標準体計数率 S_{2max}, S_{2min}、並びに検査日の推定有効標準体計数率 S_3、検査日の最大、最小推定有効標準体計数率 S_{3max}, S_{3min} を算出する。</p> <p>なお、検査日の推定有効標準体計数率 S_3 は、基準計数率 S_1 が基準日から検査日までの経過日数により減衰したあとの線源の放射線強さである。線源の放射線強さの減衰の程度は、線源に用いる RI の種類により異なる。</p>	<p>基準日から RI 計器の初期作動確認をする日 (検査日) までの経過期間から線源の放射線強さの減衰を求めて、検査日の推定標準体計数率 S_3 (cpm) を求める。</p> <p>得られた計算値と検査日に実施した標準体測定によって得られた標準体計数率とを比較し、計器の初期作動状態を確認する。初期作動状態の確認は、次のとおり行う。</p> <p>a) 5.1a)~c)の作業を行う。</p> <p>b) 標準体をコンクリート、アスファルト又は土の上に置き、線源棒を取り付けた RI 計器を標準体上に設置して標準体計数率を測定する。</p> $S_2 \cdot t_2 \geq 154\,000 \quad (2)$ <p>ここに、 S_2 : 検査日の標準体計数率をいい、検査日の測定した標準体計数率から検査日の標準体バックグラウンド計数率を引いた計数率 (cpm) t_2 : 検査日の $S_2 \cdot t_2 \geq 154\,000$ を得るために要した測定時間 (min)</p> <p>線源の放射線強さの時間的な減衰の程度は、線源に用いるラジオアイソトープの種類によって決まっているので、基準とする日から初期作動確認する日までの経過日数によって、標準体計数率が初期作動確認日にはどの程度になっているかを求めることができる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 推奨事項のため、JIS Z 8301:2019 の規定に基づき、注記を本文へ移行
5.3 RI 計器の作動状態の確認	<p>5.2 にて算出した S_{2max}, S_{2min} と S_{3max}, S_{3min} との関係が以下に示す関係を満足していれば、RI 計器は正常に作動している。</p> $S_{2max} > S_{3min}$ $S_{2min} < S_{3max}$		<ul style="list-style-type: none"> 6.1 から移動
5.4 RI 計器の校正	<p>RI 計器は、現場で使用する前に土の湿潤密度及び含水量と計数率比との関係を校正する。RI 計器の校正は、次による。</p>	<p>RI 計器の現場使用前には、測定する土の湿潤密度及び含水量と計数率比の関係を示す校正曲線 (校正式) を作成する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化

		校正曲線の作成は、次のとおり行う。	
a) RI 計器を用いて密度及び含水比を測定する現場の土を用意する。			・規定内容の明確化のための追加
b) 校正に用いる供試体の湿潤密度及び含水比の条件を設定する。なお、供試体の湿潤密度及び含水比は、現場で出現しうる範囲を十分に包含するとともに、それぞれの最大値及び最小値を含め6水準以上設定する。 c) 供試体の現場計数率に影響を及ぼさないように、壁及び器物から1.5 m以上離れた平坦なコンクリート、アスファルト又は地面の上に校正容器を置く。 d) 校正用容器内に b) で設定した含水比に調整した土を投入し、b) で設定した湿潤密度になるように締め装置で供試体を均質に締め固める。	a) 校正用容器内に所定の密度及び含水比に締め固めた均一な供試体を必要個数作製する。 注記 供試体の数は、測定の対象とする地盤の密度及び含水比の範囲を十分に包含し、なめらかな曲線が得られる個数を準備する。 d) 標準体をコンクリート、アスファルト又は土の上に置き、線源棒を取り付けた RI 計器を標準体上に設置して標準体計数率を測定し、基準日からの校正日までの放射線減衰量を求めて、5.2b) と同様の方法で作動状態を確認する。 e) 校正用容器内の供試体の上でバックグラウンドの測定を行う。バックグラウンド測定は、RI 計器から線源棒を取り外し、20 m 以上遠ざけた状態で行う。		・規定内容の明確化 ・要求事項であるため、JIS Z 8301:2019 の規定に基づき、注記を本文へ移行
e) 作製した供試体の湿潤密度 ρ_s (Mg/m ³) を 6.3 に示す式(6)にて求める。	b) 作製した個々の供試体の湿潤密度 ρ_s (g/cm ³) を求める。		・JIS Z 8301:2019 に準拠
f) 5.2 に示す測定及び計算、並びに 5.3 に示す確認を行う。	c) 5.1a)～c) 作業を行う。		・規定内容の明確化
g) RI 計器底面と供試体表面とが密着するように、供試体の表面を地表面整形器具で平滑に成形する。	f) 測定箇所の表面を直ナイフなどで測定に必要な広さが平滑になるように、凸の部分を削り取り、RI 計器と地表面の密着性が十分得られるようにする。透過型 RI 計器の場合は測定孔削孔器具を使って地面に垂直に線源棒挿入用孔を開ける。 注記 散乱型 RI 計器の場合、測定表面の凹凸が測定値に及ぼす影響が透過型 RI 計器に比べて大きいので、地表面の平滑性を十分に確保する。		・規定内容の明確化 ・散乱型 RI に関する記述を削除
h) 線源棒挿入孔形成器具を用いて、供試体表面に対して垂直な線源棒挿入孔を形成する。 i) 使用する RI 計器の線源及びそれ以外に線源がある場合は、それらの線源を RI 計器から 20 m 以上遠ざける。 j) 供試体表面に RI 計器を設置し、供試体の現場 BG 計数率を測定する。 k) 線源を RI 計器に装着し、供試体の現場計数率を測定する。 l) 供試体の現場計数率から現場 BG 計数率を差し引いた値と有効標準体計数率との比を供試体の計数率比とする。	g) RI 計器で個々の供試体を測定し、それぞれの計数率比を求める。		・規定内容の明確化 ・JIS Z 8301:2019 に準拠
m) 供試体の含水比 w (%) を測定し、含水量 ρ_m (Mg/m ³) を 6.3 に示す式(7)にて求める。供試体の含水比は、供試体の現場計数率を測定後、供試体を解体するときに試料を数箇所から採取し、JIS A 1203 に規定する方法によって測定する。	h) 個々の供試体の含水比 w (%) を測定し、それぞれの含水量 ρ_m (g/cm ³) を求める。供試体の含水比は、供試体の計数率比を測定後、供試体を崩す際に試料を数箇所から採取し、JIS A 1203 に規定する方法によって測定する。		・規定内容の明確化
n) b) で設定した条件で c)～m) の作業を			

	行う。		
	o) l)で求めた供試体の計数率比と e)及び m)で求めた供試体の湿潤密度又は含水量との関係式を最小二乗法で求める。これらの関係式を校正式と呼ぶ。	i) 求めた計数率比と湿潤密度又は含水量との関係を求める。この関係式を校正曲線と呼ぶ。 注記 校正曲線 (校正式) は、バックグラウンドを補正した計数率比から求める。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 注記の内容は、3.13 計数率比で定義しているため削除
5.5 現場測定	a) 5.2 に示す測定及び計算、並びに 5.3 に示す確認を行う。	a) 5.1a)～c)及び 5.3d)の作業を行う。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化
	b) 全ての線源を RI 計器から 20 m 以上遠ざける。 c) 任意の試験箇所 RI 計器を設置し、現場 BG 計数率を測定する。現場 BG 計数率は、土若しくは測定日 (検査日) が変わることによって測定する。	b) 測定現場において、現場バックグラウンドを測定する。測定は、RI 計器から線源棒を取り外し、20m 以上遠ざけた状態で、土の上に計器を置いて行う。現場バックグラウンドは、土若しくは測定日が変わることによって測定する。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化
	d) RI 計器底面と試験箇所の地表面が密着するように、地表面整形器具で測定に必要な広さを平滑に成形する。 e) 線源棒挿入孔形成器具を用いて、試験箇所の地表面に対して垂直な線源棒挿入孔を形成する。	c) 測定箇所の表面を直ナイフなどで測定に必要な広さが平滑になるように、凸の部分を削り取り、RI 計器と地表面の密着性が十分得られるようにする。透過型 RI 計器の場合は測定孔削孔器具を使って地面に垂直に線源棒挿入用孔を開ける。 注記 散乱型 RI 計器の場合、測定表面の凹凸が測定値に及ぼす影響が透過型 RI 計器に比べて大きいので、地表面の平滑性を十分に確保する。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 散乱型に関する項目を削除
	f) 試験箇所に RI 計器を設置して、現場計数率を測定し、5.4 で求めた校正式を用いて湿潤密度及び含水量を求める。また、6.4 の式(8)、(9)にて乾燥密度及び含水比を求める。	d) RI 計器に線源棒を取り付け、測定箇所に RI 計器を設置して、各放射線計数率を測定し記録する。 注記 現場測定結果を印字することができる計器を使用する場合は、現場測定の年月日、測定場所など測定の条件を記録する所定の用紙に、その結果を貼り付けて保存して活用する。	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 注記を削除
6.2 検査日の最大・最小推定有効標準体計数率	なお、RI 計器でよく使用される RI の半減期は、次のとおりである。 ガンマ線：コバルト 60 (⁶⁰ Co)：1924 (日) 中性子線：カリホルニウム 252 (²⁵² Cf)：964 (日)	注記 ラジオアイソトープの半減期は、次のとおりである。 ガンマ線：コバルト 60 (⁶⁰ Co)：1924 日 中性子線：カリホルニウム 252 (²⁵² Cf)：964 日	<ul style="list-style-type: none"> 不可欠な情報であるため、JIS Z 8301:2019 の規定に基づき、注記を本文へ移行
6.3 校正時の供試体の湿潤密度及び含水量	校正時の供試体の湿潤密度及び含水量は、次によって算出する。 a) 供試体の湿潤密度は、次の式(6)によって算出し、JIS Z 8401 の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。 $\rho_t = \frac{m}{V} \times 10^3 \quad (6)$ ここで、 ρ_t ：湿潤密度 (Mg/m ³) m ：供試体の質量 (g) V ：供試体の体積 (mm ³) b) 供試体の含水量を次の式(7)によって算出し、JIS Z 8401 の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。 $\rho_m = \frac{w/100}{1+w/100} \times \rho_t \quad (7)$	校正時の密度は、次による。 a) 個々の供試体の湿潤密度を次の式(5)で算出する。 $\rho_t = \frac{m}{V} \quad (5)$ ここに、 ρ_t ：湿潤密度 (g/cm ³) m ：供試体の質量 (g) V ：供試体の体積 (cm ³) b) 個々の供試体の含水量を次の式(6)で算出する。 $\rho_m = \frac{w/100}{1+w/100} \times \rho_t \quad (6)$ ここに、 ρ_m ：含水量 (g/cm ³)	<ul style="list-style-type: none"> 規定内容の明確化 JIS Z 8301:2019 に準拠

	ここで、 ρ_m : 含水量 (Mg/m^3) w : 供試体の含水比 (%)	w : 供試体の含水比 (%)		
6.4 現場の土の密度及び含水比	a) 現場測定によって得られた計数率比から湿潤密度及び含水量を 5.3 で得られた校正式を用いて算出し、JIS Z 8401 の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。	a) 測定によって得られた各放射線計数率比から校正曲線に従って湿潤密度及び含水量を読み取る。	・ JIS Z 8301:2019 に準拠	
	b) 試験箇所の乾燥密度は、次の式(8)によって算出し、JIS Z 8401 の規則 B によって小数点以下 2 桁に丸める。 $\rho_d = \rho_t - \rho_m \quad (8)$ ここで、 ρ_d : 乾燥密度 (Mg/m^3)	b) 測定箇所の乾燥密度を次の式(7)で算出する。 $\rho_d = \rho_t - \rho_m \quad (7)$ ここに、 ρ_d : 乾燥密度 (g/cm^3)		・ JIS Z 8301:2019 に準拠
	c) 試験箇所の含水比は、次の式(9)によって算出し、JIS Z 8401 の規則 B によって小数点以下 1 桁に丸める。 $w = \frac{\rho_m}{\rho_t - \rho_m} \times 100 = \frac{\rho_m}{\rho_d} \times 100 \quad (9)$ ここで、 w : 含水比 (%)	c) 測定箇所の含水比を次の式(8)で算定する。 $w = \frac{\rho_m}{\rho_t - \rho_m} \times 100 = \frac{\rho_m}{\rho_d} \times 100 \quad (8)$ ここに、 w : 含水比 (%)		・ JIS Z 8301:2019 に準拠
7 報告事項	試験結果については、次の事項を報告する。 なお、*が付いているものについては、必須の記録事項である。その他のものについては、必要に応じて記録を行えばよい。	試験結果については、次の事項を報告する。	・ 規定内容の明確化	
	a) *地点番号及び位置 b) 原位置の締固め 1 層当たりの厚さ (mm) c) 試験日 d) *試験者 e) *含水比 (%) f) *湿潤密度 (Mg/m^3) g) *乾燥密度 (Mg/m^3) h) 使用した RI 計器の種類と計器番号 i) その他特記すべき事項	a) 使用した RI 計器の種類と計器番号 b) 含水比 (%) c) 湿潤密度 (g/cm^3) d) 乾燥密度 (g/cm^3) e) この基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容 f) その他特記すべき事項	・ JIS Z 8301:2019 に準拠 ・ 規定内容の明確化	